



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ASKELEET KOHTI VAKIOI- TUJA TAHTIAIKOJA

Normet Oy

TEKIJÄ/T: Pekka Puoskari

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma			
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t)			
Pekka Puoskari			
Työn nimi			
Askeleet kohti vakioituja tahtiaikoja			
Päiväys	17.4.2013	Sivumäärä/Liitteet	37/3
Ohjaaja(t)			
projekti- insinööri Kai Kärkkäinen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)			
Normet Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli tarkastella ja tehdä esiselvitys siitä, miten Normet Oy:n tuotanto voitaisiin siirtää paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon. Opinnäytetyössä tutkittiinkin operatiivisesta näkökannasta, mitä toimenpiteitä muutos vaatisi. Opinnäytetyössä käytiin teoriassa tuoterakenteita modulaarisuuden ja massaräätälöinnin kannalta. Lisäksi esiteltiin erilaisia tuotannonohjaustapoja sekä kokoonpanomenetelmiä yleisellä tasolla.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin tuoteperheitä ja ne jaettiin sen perusteella, mitkä tuotteet olisivat soveltuvia linjakokoonpanoon. Tämän lisäksi tarkasteltiin nykyistä vaiheistusmallia, jonka perusteella tehtiin laskennalliset tahtiajat linjakokoonpanoon. Työssä tutkittiin olemassa olevan vaiheistusmallia jonka perusteella linjaston työvaiheet määräytyisivät. Tahtiaikoja tarkasteltiin ja analysoitiin jo olemassa olevien dokumenttien avulla sekä käytiin mittaamassa niitä kun ajoneuvoja valmistettiin uuden vaiheistusmallin mukaan.</p> <p>Tuloksiksi saatiin kuvaus yrityksen tuoteperheistä ja niistä tuotteista, jotka olisivat soveliaita linjatuotantoon. Tämän lisäksi saatiin teoreettinen arvio siitä, mitä tahtiaikojen tulisi olla, jotta linjan tuottavuus vastaisi yritysstrategian vaatimaa kysyntää.</p>			
Avainsanat			
linjatuotanto, tuotannonohjaus, tahtiaika			
salainen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Pekka Puoskari			
Title of Thesis Steps towards Standardized Takt-Times			
Date	April 17, 2013	Pages/Appendices	37/3
Supervisor(s) Mr. Kai Kärkkäinen, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Normet Ltd.			
<p>Abstract</p> <p>The topic of this final year project was to plan how Normet Ltd. could change its final assembly from place assembly to line assembly. The aim was to study what kind of changes should be made by looking at the subject from an operative point of view. In addition, different methods of production control and assembly were introduced.</p> <p>Product families were studied and the products that are suitable for line assembly were selected. In addition, the current phasing model was examined and the calculations of theoretical takt-times were made. The theory of modular and mass customized product structure was also studied. The project included analyzing current phasing in which the workphases in lineassembly would be based. This way the takt-times could be evenly divided as well. The takt-times were analyzed using the already existing data and documents and by measuring the phase times, when vehicles were manufactured in the assembly.</p> <p>As a result of this project there was a description about product families and was made to find out the products that would be suitable for the line assembly. In addition, a theoretical calculation was made to find out the projected takt-times that would be needed for the assembly line to produce the required amount of machines demanded in the company strategy.</p>			
Keywords line assembly, production control, takt-time			

ALKUSANAT

Haluan kiittää Normet Oy:n kehityspäällikkö Jani Kortelaista haastavasta ja opettavaisesta opinnäytetyön aiheesta. Haluan myös kiittää koko Normet Oy:n kehitystiimiä suuresta avusta ja tuesta työn aikana. Lisäksi kiitän ohjaajaani projekti-insinööri Kai Kärkkäistä.

lisalnessa

Pekka Puoskari

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	NORMET OY.....	7
3	MASSARÄÄTÄLÖINTI JA MODULAARISUUS	8
3.1	Massaräätälöinti	8
3.2	Modulaarisuus ja moduulirakenne.....	9
4	TUOTANNONOHJAUSTAVAT	12
4.1	Imu- ja työntöohjaus	12
4.2	MRP	13
4.3	Läpimenoaika ja tahtiaika	13
4.4	Tahtiaikojen optimointi	14
5	KOKOONPANO	17
5.1	Paikkakokoonpano	17
5.2	Linjakokoonpano	18
5.3	5S	19
5.4	Seitsemän hukkaa	21
6	NORMETIN LOPPUKOKOONPANO	22
6.1	Loppukokoonpanon nykytilanne.....	22
6.2	Vaiheistuksen tarkempi esittely.....	22
7	TUOTETARJOAMA JA SEN LINJAKELPOISUUS.....	28
7.1	Tuotekategoria	28
7.2	Normetin rakennearkkitehtuurit	28
7.3	ABC-tuotejakauma	29
7.4	Tuotetarjoaman linjakelpoisuus	30
8	TAHTIAJAT JA NIIDEN MUODOSTAMINEN	33
8.1	Myyntibudjetti	33
8.2	Budjetoidut valmistusmäärät ja A -tuotteiden osuus.....	33
8.3	Linjavolyymit	34
8.4	Tahtiaika ja sen muodostuminen	34
9	YHTEENVETO	37

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tehtävänä on suunnitella iisalmelaiselle kaivosajoneuvon valmistajalle Normet Oy:lle linjakokoonpanomalli. Työ toteutetaan täysin operatiivisesta näkökannasta. Työssä tarkastellaan Normet Oy:n tulevaisuuden myyntibudjettia, jonka perusteella selvitetään tulevaisuuden budjetoidut valmistusmäärät. Näitä tietoja käyttämällä selvitetään linjalle sopivat koneet ja niiden valmistusvolyymit. Opinnäytetyö sisältää tuoteperheen tarkastelua ja tahtiaikojen määrittystä. Työssä tarkastellaan, mitkä tuotteet tulevaisuudessa voidaan valmistaa linjakokoonpanossa. Koska koneet valmistetaan tällä hetkellä paikkakokoonpanona, uudet tahtiajat tulee laskea ja määrittää, jotta tuotteet voitaisiin valmistaa linjassa.

Projektin päätavoitteina on läpimenoaikojen, tuottavuuden ja laadun parantaminen. Myös prosessien vakioiminen kuuluu päätavoitteisiin. Opinnäytetyö keskittyy Normet Oy:n loppukokoonpanoon. Tämän kaiken lisäksi työhön on valittu teoriaa, jossa eritellään tarkemmin tuotannonohjauksen eri menetelmiä ja apukeinoja, joita on myös käytetty hyödyksi uutta valmistusmenetelmää mietittäessä.

Projektin toteuttamista helpottaa se, että olin kesällä 2012 töissä yrityksen loppukokoonpanon työnjohtajana. Tämän vuoksi loppukokoonpano ja sen ongelmat ovat tuttuja. Projekti toteutetaan kokonaisuudessaan yrityksen kehitystiimin tiloissa. Tällä varmistetaan, että tarvittava data ja tuotantotila ovat lähellä, jotta tiedonkeräys on mahdollisimman yksinkertaista.

Työssä on salattu Normet Oy:n yritystrategiaan liittyvät luvut yrityksen toiveen mukaisesti.

2 NORMET OY

Normet Oy:n pääkonttori sijaitsee Iisalmen Peltosalmella. Tuotantoa on Iisalmen tehtaassa lisäksi myös Santiagossa, Ludvikassa ja Chilessä. Normetin maailmanlaajuinen jakelu- ja palveluverkosto sisältää 36 myynti- ja tukitoimipistettä yhteensä 22 maassa. (Normet Oy 2013.)

Normet-konsernin vuoden 2011 liikevaihto oli noin 170 miljoonaa euroa. Normetin laatu järjestelmä noudattaa ISO 9001 - standardia ja sen lisäksi yrityksellä on ISO 14001 - ympäristö-sertifikaatti ja OHSAS 18001 - turvallisuustodistus. (Normet Oy 2013.)

Normet Oy on valmistanut ja kehittänyt jo 50 vuoden kokemuksella erilaisia maanalaisten kaivosten ja tunneleiden laitteita. Tämän lisäksi Normet tarjoaa rakennuskemikaaleja, asiakasprosessia tehostavia ratkaisuja sekä erilaisia palveluita laitteiden huoltoon ja käyttöön. Normetista on tullut yksi markkinoiden johtavista yrityksistä tuotesegmentissään. (Normet Oy 2013.)

Normetin päätavoitteena on parantaa maan alla työskentelevien ihmisten työturvallisuutta mekanisoimalla ja automatisoimalla kaivosteollisuuden työtehtäviä. Myös asiakkaan prosessien tuottavuuden parantaminen vähentämällä kustannuksia sekä nopeuttamalla louhinnan etenemissykliä on Normetille tärkeää. (Normet Oy 2013.)

Normetin tuote- ja palvelutarjonta sisältää seuraavat asiakasprosessit:

- betoniruisutus ja kuljetus
- räjähdysaineiden panostus
- nosto- ja asennustyöt
- maanalainen logistiikka
- rusnaus (Normet Oy 2013.)

3 MASSARÄÄTÄLÖINTI JA MODULAARISUUS

3.1 Massaräätälöinti

Massaräätälöinti on edullinen ja nopea tapa toteuttaa massa- tai sarjatuotanto, jossa tiettyä tuotetta tehdään suurissa erissä. Se on myös joustava ja räätälöivä tilaustuotanto, jossa asiakkaan yksilölliset tarpeet voidaan toteuttaa. Tuoterakenteessa käytetään sarjavalmistaisia komponentteja tai moduuleita. Räätälöinti ja variointi toteutetaan vasta loppukokoonpanossa ja pyritään rajoittamaan yksittäiseen moduuliin tai jopa komponenttiin. (Soronen 1999, 7.)

Sarja- ja massatuotannossa samaa tuotetta pyritään valmistamaan varastoon mahdollisimman tehokkaasti ja paljon, jotta se saadaan nopeasti asiakkaille. Kaikki tämä perustuu myyntiennusteisiin. Räätälöitynä tuote vaatii pidemmän toimitusajan, koska se tehdään tilauksen mukaan. Kustannukset ovat korkeammat prosessin tehottomuuden takia. Massaräätälöinti yhdistääkin näitä toimintatapoja, jotta saadaan aikaiseksi nopea asiakaskohtainen tilaus- ja toimitusprosessi sekä erikoistunut, ei asiakaskohtainen valmistus. Rajapintaan si- joitetaan imupuskurivarastot, joista valmistuksen eri työvaiheet saavat käyttöönsä välittömästi tarvitsemansa komponentit, puolivalmisteet ja osat. Kaikki imupuskuria edeltävät vaiheet voivat toimia sarjatuotannon tapaan imuohjautuvasti, minkä jälkeen toimitaan tilausohjautuvasti kuten yksittäistuotannossa. Tämä kaikki edellyttää osien riittävää toistuvuutta ja hallittavia nimikemääriä. Massaräätälöinnissä itse räätälöintivaihe pyritään suorittamaan vasta viimeisen imupuskurivaraston jälkeen. Tilausohjatun eli työntöohjatun tilauksen läpimenoajaksi muodostuu siis räätälöintiaika. Mitä enemmän puskurivarastoja saadaan vietyä myöhemmäksi prosessia, sitä nopeammaksi tilausprosessi muodostuu. (Soronen 1999, 7 - 8.)

Massaräätälöinnissä idea on asiakaslähtöinen. Asiakastilauksen mukainen konfigurointi synnyttää yksilöllisen tuotteen tai palvelun. Tuotteen perusrakenne suunnitellaan modu- loiduksi niin, että asiakkaan haluama tuote tai sen variaatio voidaan valmistaa esivalmistel- luista komponenteista tai moduuleista tilausohjatusti ja yksilöllisesti. Perusrakenne perus- tuu vakio-osiin, mutta asiakaskohtaisessa vaiheessa voidaan toteuttaa yksilöllinen ratkaisu. Esivalmistetut osat, komponentit ja moduulit valmistetaan imuohjausperiaatteella, mutta loppukokoonpano tehdään asiakasohjautuvasti eli käyttäen työntöohjausmenetelmää. Tuotteen perusrakenteessa on usein joukko ominaisuuksia, joista asiakas voi valita itsel- leen sopivimmat ja muodostaa niistä yhdistelmän eli variaation. Mitä paremmin olemassa olevat ominaisuudet ja suureet on pystytty ennakoimaan suunnitteluvaiheessa, sitä toimi- vampi lopputuloksesta tulee. (Soronen 1999, 9.)

Massaräätälöinti voidaan ryhmitellä sen perusteella, missä vaiheessa asiakaskohtaiset ominaisuudet toteutetaan. Näitä tapoja ovat:

- tuotantoprosessissa tapahtuva räätälöinti
- asennus- tai huoltotoiminnan yhteydessä tapahtuva räätälöinti
- jälleenmyyjällä tapahtuva räätälöinti
- asiakkaan itse räätälöimänä
- valmistamalla suuri määrä erilaisia variaatioita markkinoille.

Yleisin näistä toteutustavoista on tuotantoprosessissa tapahtuva räätälöinti. Näin tuotantovaiheessa tiedetään, millainen tuotteesta tulee.

Asennus- tai huoltotoimenpiteiden yhteydessä tehtävässä räätälöinnissä voidaan tiettyjä ominaisuuksia muuttaa halutunlaiseksi, kuten esimerkiksi ohjelmistot voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeiden mukaan luovutuksen yhteydessä.

Jälleenmyyjän toteuttamassa massaräätälöinnissä jälleenmyyjä voi muuttaa tuotetta asiakkaan tarpeiden mukaan vielä jälleenmyyntihetkellä. Esimerkiksi optikko voi määrittää optikoliikkeessä myytävien lasien linssien vahvuuden ja muotoilla sangat asiakkaan haluamalla tavalla.

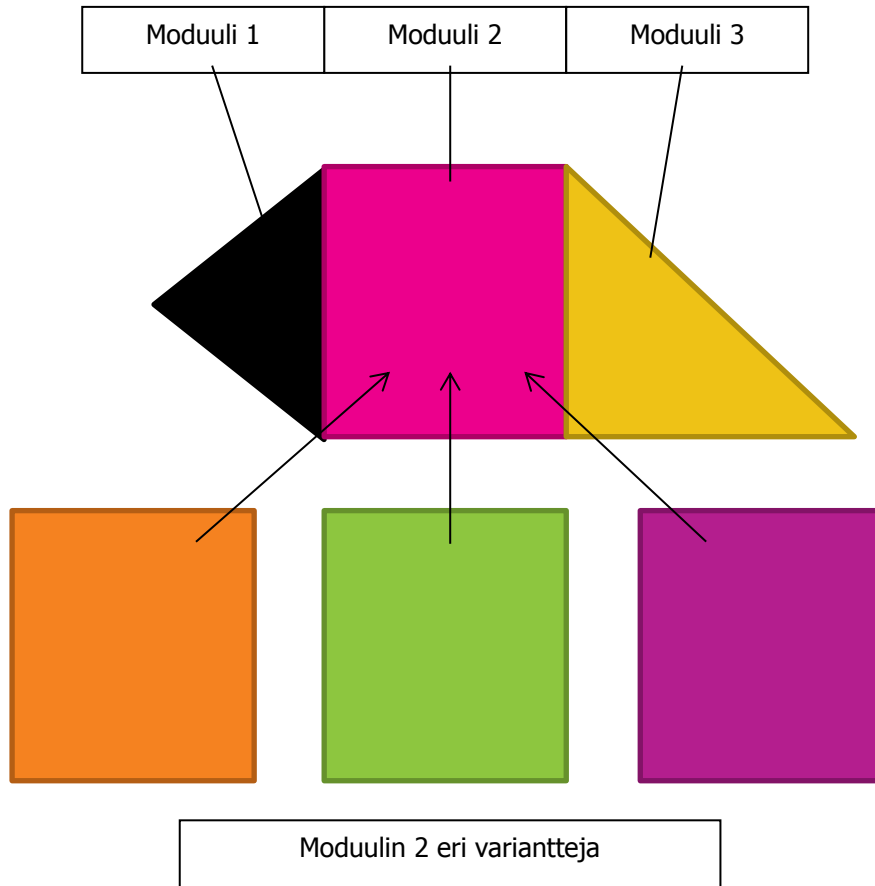
Asiakkaan itsensä toteuttamalla räätälöinnillä tarkoitetaan sitä, että asiakas voi itse tiettyjen vaihtoehtojen puitteissa muokata tuotteen haluamakseen. Hyvänä puolena tässä on, että asiakas voi rauhassa muokata tuotteesta haluamansa kaltaisen käytön yhteydessä. Esimerkkinä voidaan käyttää vaikkapa tietokoneen näyttöä, jossa voidaan valita erilaiset värisävyt käytettäväksi.

Myös monien erilaisten tuotevariaatioiden tuottamista voidaan pitää massaräätälöintinä. Tässä tapauksessa valmistetaan jälleenmyyjällä olevaan imupuskuriin. Tällaisia tuotteita ovat mm. rannekellot, joita valmistetaan erilaisin kellotaulu- ja rannekevariaatioin. (Soronen 1999, 11.)

3.2 Modulaarisuus ja moduulirakenne

Tuotteita moduloimalla saadaan tuotettua räätälöityjä tuotteita rajatusta määrästä eri moduuleita. Kukin moduuli sisältää keskenään vaihdettavia variantteja, joiden toiminnot eroavat toisistaan mutta tuotteen rajapinnat säilyvät kuitenkin vakiona. Asiakkaalle menevä tuote muodostetaan valitsemalla kuhunkin moduuliin yksi variantti. Kun moduulien variantit kerrotaan keskenään, saadaan erilaisten tuotteiden lukumäärä. Esimerkiksi, jos tuote koostuu kolmesta moduulista ja jokaiselle moduulille on 4 erilaista varianttia, on tuotteella $4 * 4 * 4 = 64$ yhdistelmää. Myös asiakaskohtainen räätälöinti voidaan toteuttaa jossain moduulin

yksityiskohdassa, mutta tämä ei vaikuta tuotteen vakioituihin rajapintoihin. Moduulin sisällä voidaan tehdä muutoksia ennalta määrätyissä rajoissa. (Soronen 1999, 19.)



KUVIO 1. Tuotteen modulaarinen rakenne. (Soronen 1999, 19 mukaillen)

Moduulin suunnittelussa on otettava huomioon asiakkaan, suunnittelun, valmistuksen ja logistiikan tarpeet. Modulointi on strateginen valinta. Moduloinnin peruskäsitteisiin kuuluvat tuotekonsepti, tuotteen suunnittelualusta, moduulit ja rajapinnat. Ohjaava tuoterakenne, kehitystarve ja variointitarve määrittelee moduulin muodostamisen. (Soronen 1999, 19.)

Modulaarista rakennetta voidaan pitää ideaalisena tuoterakenteena. Modulaarinen rakenne voi olla ideaalinen, vaikka se ei sisältäisikään moduulien sisäisiä variantteja. Yleisesti ottaen moduloinnin terminologia ei ole vakiintunut, mutta seuraavassa eritelty terminologia soveltuu ideaalitilanteeseen (Lapinleimu 2007, 153):

Tuoteominaisuuksilla pyritään täyttämään asiakkaan vaatimukset ja tarpeet. Ominaisuutta ei kuitenkaan pidä sotkea moduuliin, mutta tuoteominaisuus liittyy moduulikäsitteistöön. Tuoteominaisuudet saadaan toteutettua moduuleilla. Esimerkkinä toimikoon henkilöauto, johon asiakas haluaa tietyn huippunopeuden. Tietty huippunopes voidaan saavuttaa tarpeeksi tehokkaalla moottorilla, jonka asiakas halutessaan valitsee.

Toimintomodiuulilla tarkoitetaan tuotteen konstruktivista kokonaisuutta, joka ei aina vastaa kuitenkaan kokoonpantavaa kokonaisuutta. Esimerkiksi koneen hydraulikka- tai sähköverkosto voi olla jakaantunut useisiin eri kokonaisuuksiin, kokoonpanoihin. Toimintomodiuuli voi myös olla sama asia kuin osakokoonpano, esimerkkinä Normet - kaivoskoneen panostuspää.

Järjestelmän yksikkö on yrityksen sisällä syntyvä kokonaisuus, joka toimittaa kokonaisia laitteistoja, kuten tuotantolinjoja. Ne voivat koostua useista erilaista tekniikkaa edustavista laitteista. Hyvin toimiva tuotteisto on modulaarinen ja yksittäiset koneetkin ovat luonteeltaan systeemin sisäisiä moduuleja.

Rakennemoduuli on tuotteen sisäinen, selvärajainen osakokonaisuus. Sitä voidaan käsitellä kokoonpanossa omana tuotteenaan. Rakennemoduulit muodostavat tuotteen. Seuraavaksi mainitut käsitteet ovat rakennemoduuleita.

Perusmoduuli tarkoittaa sitä kokonaisuutta, joka muodostaa varsinaisen tuotteen tai koneen. Koneen eri konfiguraatiot muodostuvat eri tavoin, joko

- valitsemalla sopivat variantit perusmoduuleista
- laittamalla koneeseen eri lukumäärän perusmoduuleja
- yhdistämällä kahta edellistä.

Suurissa koneissa voidaan tarvita kahta erillistä perusmoduulin tasoa. Näin syntyy käsitteet päämoduuli ja alimoduuli. Päämoduleita voivat olla mm. runko, hytti, prosessipää, moottori ja akselisto. Alimoduuleina voi olla mm. hydraulikan eri komponentit, pumput, kompressorit, kojelaudat ja istuimet. (Lapinleimu 2007, 153 - 155.)

4 TUOTANNONOHJAUSTAVAT

4.1 Imu- ja työntöohjaus

Työntöohjauksella yleensä tarkoitetaan erillisen suunnittelijan tai suunnitteluorganisaation tekemää valmistussuunnitelmaa. Suunnitelmilla koordinoidaan ja ohjataan valmistustehtäviä ja tuotantoerä työnnetään tuotannon lävitse. Ohjausmenetelmänä työntöohjaus on yleisimmin käytetty ja soveltuu kaikkiin tuotantomuotoihin. (Haverila ym. 2005, 422.)

Valmistusketjujen ollessa laajoja ja monimutkaisia tulevat työntöohjauksen vaikeudet helposti esiin. Valmistustilanteen ja suunnitelman väliset ristiriidat yleensä konkretisoivat ohjauksen ongelmat. Todellisuus ja suunnitelmat eroavat toisistaan, ja valmistus ei aina pysty toimimaan suunnitelman mukaisesti. Pitkien valmistusketjujen seurauksena muodostuu helposti välivarastoja, jotka vaikeuttavat entisestään valmistuksen suunnittelua ja hallintaa. Hallittavia asioita tulee enemmän ja läpimenoajat kasvavat. Jotta työntöohjaus voisi toimia hyvin, vaatii se toimiakseen selkeää ja hallittavaa valmistusprosessia, hyvää laatua ja kuringinlaisuutta. (Haverila ym. 2005, 422.)

Imuohjauksessa tuotteita ja osia valmistetaan ainoastaan todelliseen tarpeeseen. Osia imetään vain tarpeen verran. Valmistusketjua mietittäessä pitää ottaa huomioon, että tarveimpulssit etenevät lopusta alkuun päin. Käytännössä imuohjauksen pienet ja nopeasti kiertävät välivarastot toteuttavat toiminnan. Osat otetaan imuohjauspuskurista, joka synnyttää tilausimpulssin. Tilausimpulssia voidaan välittää monella eri tavalla, joista yksi tapa on kanban-imuohjauskortti. Myös tyhjä kuljetuslaatikko voi olla valmistusimpulssi. Materiaalit ja vakio-osat, joilla on tasainen menekki, helpottavat imuohjauksen toimivaa soveltamista. Imuohjaus vaatii toimiakseen hyvää laatua ja lyhyitä läpimenoaikoja. (Haverila ym. 2005, 423.)

Imuohjausperiaatteesta on useita sovelluksia. Sitä voidaan käyttää muun muassa toimittajien tai omien osien valmistuksen ohjauksessa. Tehtaat, jotka toimivat muuten työntöohjausperiaattella, voivat silti käyttää imuohjausta esimerkiksi vakio-osien tai – osakokoonpanojen ohjauksessa. Materiaalikirjanpidon virheet tai ohjauksen ongelmat eivät häiritse imuohjausjärjestelmää. Juuri tämän toimintavarmuuden vuoksi imuohjausta käytetäänkin paljon. (Haverila ym 2005, 423.)

4.2 MRP

Material Requirements Planning eli MRP on tietokantapohjainen tuotannonohjausjärjestelmä. MRP koskee niin tuotannon aikataulutusta kun varastotilanteen kontrollointia. Se on materiaalinohjausjärjestelmä, joka pyrkii pitämään tarvittavat varastosaldot jotta tarvittavat materiaalit ovat saatavilla tarvittaessa. MRP on sovellettavissa myös tilanteisiin, missä on useita nimikkeitä monimutkaisilla rakenteilla. (Guillermo 2012, 1.)

MRP-järjestelmän päätehtävät ovat samanaikaisesti:

1. Varmistaa että materiaaleja, komponentteja ja tuotteita on saatavilla suunniteltuun tuotantoon ja toimitukseen asiakkaalle.
2. Ylläpitää mahdollisimman pientä varastosaldoa
3. Suunnitella valmistus aktiviteetteja, toimitusaikatauluja ja ostotapahtumia.

Kolme tärkeintä MRP-laskennan lähdetietoa ovat tuotantoaikataulu, tuoterakenteet ja varastotilanne. Ilman näitä MRP-järjestelmä ei voi toimia. (Guillermo 2012, 1.)

Lopputuotteiden kysyntä aikataulutetaan tietyin aikavälein ja ne tallentuvat tuotantoaikatauluun. Tätä kutsutaan myös nimellä master production schedule (MPS). Tuotantoaikataulu kertoo kuinka paljon mitäkin nimikettä tarvitaan ja milloin tarvitaan. MPS muodostuu ennusteista ja lopputuotteiden asiakastilauksista, varastopuskureista ja sisäisistä tilauksista. MRP ottaa tuotantoaikataulun ja muodostaa siitä yksilöllisiä aikapohjaisia komponenttivaatimuksia. (Guillermo 2012, 1.)

Tuoterakenteet, bill of material records (BOM), sisältää tietoa jokaisesta nimikkeestä tai kokoonpanosta jota vaaditaan lopputuotteen tuottamiseen. Jokaisen nimikkeen tiedot, kuten nimikenumero, kuvaus, nimikkeiden määrä kokoonpanossa, läpimenoaika ja lopputuotteen nimikemäärät ovat saatavilla järjestelmässä. (Guillermo 2012, 1.)

Varastotilanne, inventory status records, sisältää kaikkien varastossa olevien nimikkeiden tilan, sisältäen käsivaraston. Nämä tiedot ovat pidettävä ajan tasalla, jokaisen kuitin, maksun tai poiston puolesta jotta varastosaldo on luotettava. MRP määrittää tuotantoaikataulun ja tuoterakenteiden perusteella kokonaiskomponenttien tarpeen. (Guillermo 2012, 1.)

4.3 Läpimenoaika ja tahtiaika

Läpimenoaika on tehokkuuden tärkeimpiä mittareita tuotantojärjestelmässä. Läpimenoaika muodostuu jonkin toimintakokonaisuuden alkamisesta sen valmistumiseen. Läpimenoaika voidaan määrittää erilaisiin kokonaisuuksiin, kuten tilaukselle, valmistukselle, osavalmistukselle tai kokoonpanolle. Läpimenoajan määrittävät niin materiaalihankintojen ottama aika sekä oman valituksen läpimenoaika. (Lapinleimu ym 1997, 53.)

Jos suunnittelu ei ole kunnossa, kun tilaus saadaan, voi siihen kuluva aika kasvaa merkittäväksi ja se näkyy läpimenoajassa. Valmistuksessa läpimenoaikaa hallitsee vaiheen alkamisessa siihen liittyvät odotukset. Työvaiheet muodostavat pienen osan läpimenoajasta ja odotusajan määrä kasvaa vaiheiden lukumäärän kasvaessa. (Lapinleimu ym 1997, 53.)

Läpimenoaikaa nimitetään myös läpäisyajaksi. Englannin kieli sisältää kaksi erillistä käsitettä tarkoittavaa sanontaa, lead time ja trough put time. Jälkimmäistä käytetään lähinnä valmistuksen läpimenoajasta puhuttaessa. Lead time on yleisemmin käytettävä sanonta, ja sopii erityisen hyvin tilanteeseen missä läpimenoaika sisältää useita eri toimintoja, kuten suunnittelua, hankintoja ja valmistusta. (Lapinleimu ym 1997, 54.)

Tahtiaika käsitteenä kertoo, millä tahdilla tuotteita on valmistettava, jotta asiakkaiden kysyntä saadaan täytettyä. Työpisteellä on siis ennalta määritetyn tahtiajan verran aikaa saada suoritettua oma työvaiheensa ja lähettää tuote eteenpäin. Tahtiaikaan ei vaikuta työntekijöiden määrä. Tahtiaika saadaan laskettua kaavasta

$$Tahtiaika = \frac{\text{Käytettävissä oleva aika}}{\text{Asiakkaan kysyntä}} \quad (1)$$

jossa käytettävissä oleva aika on tietty ajanjakso, kuten viikko. Tuotannossa käytettävä aika ja asiakastarve täytyy olla samassa ajanjaksossa, jotta saadaan laskettua tarvittava määrä tuotteita millä asiakastarve voidaan täyttää. Olemassa olevassa ajassa otetaan huomioon useammassa vuorossa tapahtuva tuotanto ja vuorossa olevat tauot. (Department of Health and Human Services 2010.)

4.4 Tahtiaikojen optimointi

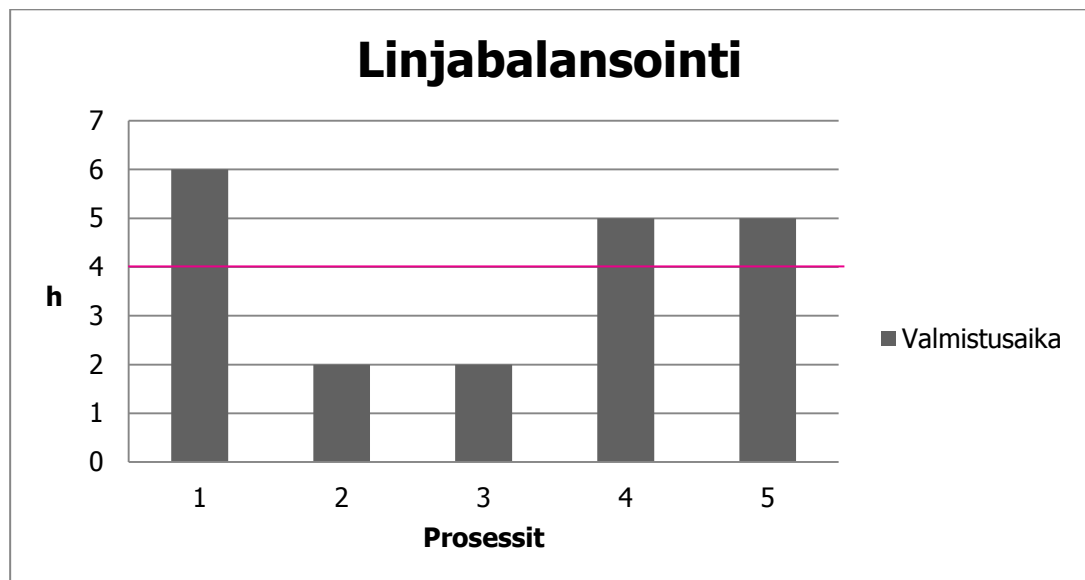
Tahtiaikojen optimointi, eli linjabalansointi, on sitä että työmäärä tasataan kaikkien prosessien kesken työpisteissä poistaen pullonkaulat tai ylituottavuus. (Line balancing 2007 - 2013.)

Esimerkkinä voidaan käyttää tuotteen A tuottamista viidessä prosessissa. Jokaisessa prosessissa on sama vaadittu tahtiaika 4 tuntia ja kokonaistyöaika 8 tuntia. Todellinen valmistusaika voi kuitenkin vaihdella prosessien kesken. Tämä on kuvattu kuviossa 2. (Line Balancing 2007 - 2013.)

TAULUKKO 1. Tahtiaikakaavio (Line balancing 2007-2013 mukaillen)

	Prosessi 1	Prosessi 2	Prosessi 3	Prosessi 4	Prosessi 5
Työaika (h/pvä)	8	8	8	8	8
Asiakaskysyntä (kpl/pvä)	2	2	2	2	2
Tahtiaika (h/kpl)	4	4	4	4	4
Valmistusaika (h/kpl)	6	2	2	4	4

Edellemainitun taulukon 1 perusteella voidaan muodostaa kuvio 3 johon voidaan havainnollistaa vaadittu tahtiaika poikkileikkaavana kuvaajana. Tämä on kuvattu kuviossa 3.



KUVIO 2. Valmistusajan kuvaaja (Line balancing 2007-2013 mukaillen)

Kuvaajasta nähdään, miten eri vaiheiden valmistusajat joko ylittävät tai alittavat vaaditun tahtiajan. Työvaiheita voidaan tasata joko henkilöstön tai työkuorman jakamisella niin, että kaikkien pisteiden valmistusaika saadaan optimoitua tahtiaikaan. Tuotanto linjalla on sujuvaa ja mikään vaihe linjassa ei joudu joko odottamaan edellistä vaihetta tai tuottamaan yli-tuotantoa ennen seuraava vaihetta. (Line balancing.)

Tahtiajan perusteella voidaan määrittää myös tarvittava henkilömäärä jokaiseen työvaiheeseen. Henkilömäärä voidaan laskea kaavasta

$$\text{Henkilöiden lukumäärä} = \frac{\text{Jakson aika}}{\text{Tahtiaika}}. \quad (2)$$

Kaavassa jakson aika on työvaiheeseen kuluva, todellinen aika. (Department of Health and Human Services 2010.)

Tahtiaikaa käyttämällä voidaan myös laskea tarvittavien työpisteiden lukumäärä, jotta asiakaskysyntä saadaan täytettyä. Se saadaan laskettua kaavasta

$$\text{Työpisteiden lukumäärä} = \frac{\text{Valmistusaika}}{\text{Tahtiaika}}. \quad (3)$$

Kaavassa valmistusaika on tuotteen kokonaisvalmistusaika. Tuotanto voidaan nyt tasapainottaa niin, että siirretään työvaiheita pisteeltä toiselle siten, että saadaan jokaisen työpisteen vaiheaika mahdollisimman lähelle haluttua tahtiaikaa. Helpoiten tasapainotus onnistuu kokoonpanolinjastoissa, jossa työvaiheet eivät välttämättä ole niin sidottu käytettäviin työkaluihin ja laitteistoihin kuin osavalmistuksessa. (Haverila ym. 2009, 485 - 486.)

5 KOKOONPANO

Kokoonpano on eri vaiheissa valmistettujen osien, standardikomponenttien ja -tarvikkeiden sekä muualta hankittujen osien liittämistä toisiinsa joko valmiiksi toimivaksi tuotteeksi tai sen osaksi. Jos kone tai laite kootaan asiakkaan luona, on kyseessä asennus. Esimerkiksi paperikone voidaan koota valmiiksi tehtaalla, minkä jälkeen se puretaan osiksi tai osakokoonpanoiksi ja toimitetaan purettuna asiakkaalle. Mahdollisimman iso osa koonnasta pyritään suorittamaan hallituissa olosuhteissa ja kunnollisin työvälinein. Kokoonpano on säilyttänyt edelleen käsityövaltaisuutensa, vaikka muu valmistus on ajan myötä yhä enemmän automatisoitunut. (Kauppinen 1997, 111.)

Kokoonpanotyön osuus tuotteen kokonaistyöajasta on tutkimusten mukaan suuri, usein jopa 20 – 40 %. Pienerätuotannossa kokoonpanijat ovat ammattitaitoisia ja itsenäiseen työkentelyyn pystyviä työntekijöitä. Kokoonpanotilat vaativat yleensä suuren osan tuotantotiloista. Kokoonpano saattaa myös sitoa pääomaa keskeneräiseen tuotantoon ja varastoihin. (Kauppinen 1997, 111.)

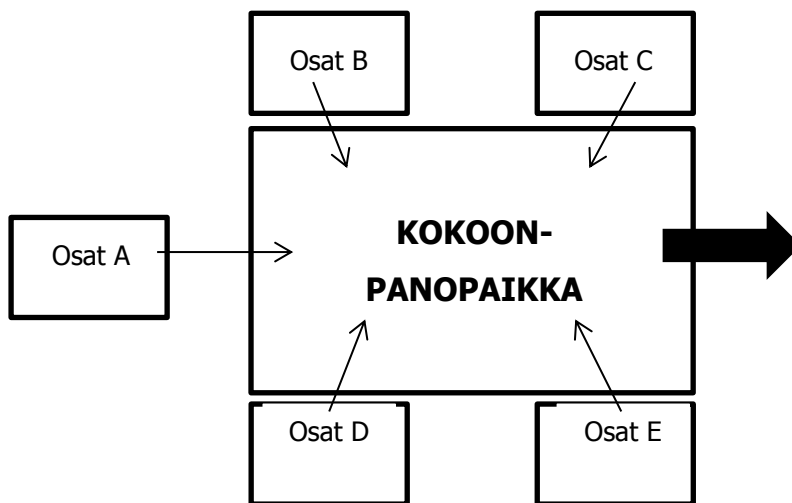
Kokoonpanotyö sisältää kappaleiden käsittelemistä, siirtämistä paikasta toiseen, varastoinnista, liittämistä, sovittamista ja tarkastamista. Periaatteessa vain liittäminen kohottaa tuotteen jalostusarvoa. Kaikki muu, kuten tarkastaminen, siirrot, käsittelyt ja varastoinnit, eivät jalosta tuotetta vaan sen sijaan aiheuttavat aikaviiveitä ja kustannuksia. Kokoonpano ei kuitenkaan olisi mahdollista ilman näitä toimintoja, mutta niiden osuus pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä. Kokoonpanon aiheuttamat suuret kustannukset eivät kuitenkaan aina johdu itse kokoonpanosta, vaan tulevat sitä edeltävistä vaiheista, joissa ei ole otettu kokoonpanoa huomioon. (Kauppinen 1997, 111 - 112.)

5.1 Paikkakokoonpano

Paikkakokoonpano soveltuu erityisesti yksittäis- ja pienerätuotantoon. Paikkakokoonpanossa koonnan voi hoitaa yksi henkilö tai useamman henkilön muodostama työryhmä. Työ voi olla jaettu eri ammattialoittain, kuten mekaaninen kokoonpano, sähköinen kokoonpano ja hydraulinen kokoonpano. Tässä mallissa tosin kokoonpanon joustavuus ja tuottavuus saattaa kärsiä verrattuna siihen, että ryhmän työnkuva olisi tasa-arvoinen. (Kauppinen 1997, 112.)

Paikkakokoonpano on yksinkertainen ja edullinen. Paikkakokoonpanoon saadaan kapasiteettia rinnakkaisilla paikoilla, minkä avulla saadaan joustavuutta eri tuotteiden yhtäaikaisten kokoonpanomahdollisuuden ja henkilöstön määrän vaihtelulla. Layout ja järjestelmä määräytyy pitkälti osalogistiikan ja menetelmän vaatimien kalusteiden takia. Osat on oltava

puskurivarastona ottoetäisyydellä, joka voi tarkoittaa raskaassa kokoonpanossa myös nosturin käyttöetäisyyttä. (Lapinleimu 2007, 129.)



KUVIO 3. Paikkakokoonpano (Lapinleimu 2007, 129 mukaillen)

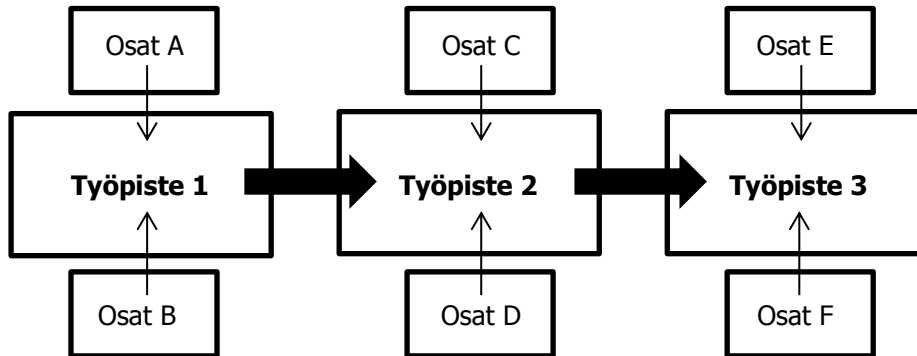
5.2 Linjakokoonpano

Kokoonpanolinja, jossa työ on jaettu eri vaiheisiin henkilöstön kesken, soveltuu suurien erien valmistukseen tai joukkotuotantoon. Mitä pidemmälle työtä ositellaan, sitä enemmän se muistuttaa liukuhihnatyötä. Kokoonpanolinja voidaan järjestellä myös siten, että tietty henkilöstö on vastuussa tuoteyksikön kokoonpanosta ja laadusta sen koko valmistuksen ajan. Henkilöstö kulkee tuotteen mukana ja suorittaa kaikki kokoonpanon vaiheet. Tuotteen ollessa valmis ryhmä kuittaa tuotteen valmiiksi sen lopputarkastajana. Tämän jälkeen ryhmä siirtyy linjaston alkuun ja aloittaa uuden tuoteyksikön kokoonpanon. (Kauppinen 1997, 112.)

Kokoonpanolinjaan on yleensä kannattavaa siirtyä, jos

- osia ei saada ottoetäisyydelle
- käytetään useita peräkkäisiä työvälineitä
- tarvitaan kokoonpanokoneita, jotka eivät mahdu yhden paikan ympärille. (Lapinleimu 2007, 129.)

Linjaan voidaan toki päätyä myös voluumisyyistä. Jos yhdellä paikalla ei ehditä kokoamaan tarvittavaa määrää, voidaan työ ositella useammalle asemalle. Tällöin kuitenkin vaihtoehtona ovat myös rinnakkaiset asemat, jotka systeeminä antavat suuremman joustavuuden. (Lapinleimu 2007, 130.)



KUVIO 4. Linjakokoonpano (Lapinleimu 2007, 129 mukaillen)

5.3 5S

Jotta tuotantolaitos pysyisi kannattavana ja tuottavana, organisaatio vaatii jatkuvaa kehitystä. Yksi parhaista ja yksinkertaisimmista tavoista tähän on 5S-menetelmä, joka soveltuu niin tuotantoon, toimistoon kuin omaan autotalliin. 5S-toimintamalli tulee japaninkielisistä sanoista seiri (erottele), seiton (yksinkertaista), seiso (puhdistaa), seiketsu (vakioi) ja shitsuke (ylläpidä). (Kehitä 5S-toimintaasi, 1 - 5.)

5S-menetelmän kaikki edellä mainittuja työkaluja hyödyntämällä saadaan työpisteestä tai koko tuotantotilasta muokattua paikka, jossa on saatavilla vain välttämättömät työkalut ja toimintatavat. Tavaroille järjestetään oma paikkansa, mikä helpottaa niiden löytämistä. Tämä tekee työtilasta siistin, visuaalisesti miellyttävän ja tehokkaan. Järjestelmää käyttämällä saadaan minimoitua niin sanottu turha työ. Menetelmän keskeisimpänä ajatuksena on pitää työskentelytilat ja toimintatapa mahdollisimman siisteinä ja järjestyksessä. Näin toiminnan laatu, työviihtyvyys ja turvallisuus paranevat huomattavasti. (Kehitä 5S-toimintasi, 31 - 65.)

5S-menetelmän ensimmäinen vaihe on *seiri* (erottele, lajittele), jonka tavoite on eliminoida työpisteeltä asiat tai tavarat, joita käytetään harvoin tai ei lainkaan. Turhia asioita ja tavaroita kertyy yleensä ajan saatossa paljon, minkä seurauksena työpiste ei säily siistinä ja työskentelyn tehokkuus laskee. (Kehitä 5S-toimintaasi, 31 - 46.)

Vähemmän käytetyt tavarat viedään työpisteen ulkopuolelle, jossa voidaan määrittää niiden lopullinen sijoituspaikka. Rikkoutuneet tavarat ja työkalut joko korjataan tai poistetaan kokonaan. Lajitteluvaiheeseen tulee osallistua työpisteen työntekijät ja työnjohto. Työntekijät tietävät parhaiten, mitä työpisteellä tarvitaan ja mitä sinne kannattaa jättää. Tämän vaiheen

jälkeen työpisteeseen jää vain siellä tarvittavia tavaroita ja työpiste on paljon helpompi pitää siistinä. (Kehitä 5S-toimintaasi, 27 - 46.)

5S-menetelmän toinen vaihe on *seiton* (yksinkertaista), jossa luodaan työpisteelle jääneille tavaroille oma paikkansa, josta ne on helppo ottaa käyttöön ja sen jälkeen palauttaa paikoilleen. Turha ja aikaa kuluttava etsintä poistuu. (Kehitä 5S-toimintaasi, 42 - 52.)

Kun kaikilla tarvittavilla työkaluilla on selvästi merkityt säilytyspaikkansa, on todennäköisempää, että ne palautuvat oikealle paikoilleen. Työympäristön siistinä pito helpottuu, mikä vaikuttaa työn laatuun ja työturvallisuuteen. Työpisteen siisteys ja järjestys myös motivoi työntekoa. Seiton - vaiheessa voidaan käyttää myös erilaisia lattiamerkintöjä. Näihin voivat kuulua esimerkiksi lavapaikat, kulkuväylät, vapaat alueet tai keskeneräisten projektien vaatima alue. Merkinnät on helppo toteuttaa joko maalaamalla tai tarroilla. (Kehitä 5S-toimintaasi, 42 - 52.)

5S-menetelmän kolmas vaihe *seiso* (puhdistus) pitää sisällään työpisteen siivoamisen. Hyvä esimerkki on, että jos jokin työkalu on vioittunut ja vuotaa öljyä, on öljyläikän havaitseminen siistillä työpisteellä helpompaa kuin jo valmiiksi likaisella ja öljyisellä työpisteellä. Tästä voi seurata kalliimpia vahinkoja, ja viallinen työkalu voi johtaa vakavaan työtapaturmaan. Tuotantotilojen siisteys antaa yleensä paremman kuvan yrityksestä niin yrityksen henkilökunnalle kuin myös vieraileville asiakkaille. (Kehitä 5S-toimintaasi, 53 - 56.)

Neljäs vaihe 5S-menetelmässä on *seiketsu* (vakiinnutus). Tässä vaiheessa on tarkoituksena luoda ohjeet, standardi, jolla työpisteen oikeata järjestystä on helpompi seurata ja ylläpitää. Ohje voi kertoa esimerkiksi, miten työpisteen tavarat tulee järjestellä ja miten työpiste siivotaan. Ohjeen lisäksi on suositeltavaa järjestää työpäivästä jokin tietty ajankohta, jolloin työpiste siivotaan ja järjestellään. Tämä synnyttää rutiineja ja järjestyksen ylläpito helpottuu. Vakiointi kannattaa suorittaa myös työpisteiden välillä, jossa yhdessä havaitut käytännöt yhdistetään kaikkiin työpisteisiin. (Kehitä 5S-toimintaasi, 58 - 63.)

5S-menetelmän viides ja vaikein vaihe on *seiketsu* (ylläpito). On hyvin yleistä, että 5S mielletään vaan suureksi siivoustalkooksi. Siivouksen ja järjestelyn jälkeen palataan hyvin helposti menneeseen ja työympäristö rupeaa pikku hiljaa palaamaan takaisin samaan tilaan, josta ryhdyttiin kehittämään. Siksi onkin tärkeää, että koko organisaatio on yhdessä mukana projektissa ja omaksuu 5S-menetelmän säännöt. Tuotannon työntekijöiden lisäksi siis myös johtoportaan ja koko henkilöstön tulee sitoutua projektiin. Näin ylläpito on helpompaa koska jokainen tietää ja ymmärtää, miten asioiden pitäisi olla. (Kehitä 5S-toimintaasi, 63 - 71.)

5.4 Seitsemän hukkaa

Lean-tuotannossa yksi keskeisimpiä periaatteita on tunnistaa ja eliminoida lisäarvoa tuottamaton aika prosessista. Tämän ajan tunnistaminen vaatii, että selvitetään, mitä asiakas haluaa projektista. Asiakkaalla tässä tapauksessa tarkoitetaan niin sisäistä asiakasta tuotantolinjan tulevissa vaiheissa sekä lopullista, ulkopuolista asiakasta. Kun prosessia katsotaan asiakkaan näkökulmasta, huomataan ja voidaan erotella lisäarvoa tuottavat vaiheet ja lisäarvoa tuottamattomat vaiheet. (Liker 2010, 27.)

Autoteollisuus Japanissa on tehnyt listan seitsemästä lisäarvoa tuottamattomasta vaiheesta liiketoiminta- tai valmistusprosesseissa. On olemassa myös kahdeksas hukkatyyppi.

Kahdeksan päätyyppiä ovat:

1. Ylituotanto, tällä tarkoitetaan tilaamattomien osien valmistamista. Tämä voi johtaa ylimääräisen henkilökunnan palkkaamiseen ja ylimääräisiin varasto- ja kuljetuskustannuksiin.
2. Odottelu. Työntekijä joutuu odottamaan työkalua, toimitusta, komponenttia tai seuraavaa työvaihetta.
3. Tarpeeton kuljetus. Keskeneräistä työtä kuljetetaan edestakaisin tai pitkiä matkoja työvaiheiden välillä. Myös valmiiden hyödykkeiden siirtely ilman tarkoitusta on hukkaa.
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely. Osat suunnitellaan tai niitä työstetään niin, että syntyy tarpeettomia vaiheita ja liikkeitä. Laatua voidaan myös ylisuunnitella, jolloin se on tarpeettoman laadukas sen toimittamaan asiaan.
5. Tarpeettomat varastot. Varastoon voidaan säilöä liikaa tavaraa, materiaalia, keskeneneräisiä tuotteita tai valmiita hyödykkeitä. Läpimenoajat pidentyvät, tuotteet vanhenevat, vahingoittuvat ja kuljetus- ja varastokustannukset kasvavat.
6. Tarpeeton liikkuminen. Kävelykin on hukkaa. Kaikki turha liike, joka ei edistä tuotantoa, on turhaa.
7. Viat. Viallisten osien korjaaminen tai valmistaminen on hukkaa. Kaikki uudelleen työstäminen, korjaaminen, suunnittelu ja pois heittäminen on hukkaa.
8. Työntekijän luovuuden hyödyntämättä jättäminen. Ideoiden, ajan, taitojen, parannusten ja oppimahdollisuuksien hukkaaminen, kun työntekijöitä ei kuunnella ja sitouteta. (Liker 2010, 28 - 30.)

6 NORMETIN LOPPUKOKOONPANO

6.1 Loppukokoonpanon nykytilanne

Normetin valmistamien tuotteiden loppukokoonpano tapahtuu tällä hetkellä paikkakokoonpanona. Koneet rakennetaan alusta loppuun kokoonpanosoluissa. Kokoonpanosoluja on käytössä tällä hetkellä 15 kappaletta, joissa jokaisessa toimii kaksi asentajaa kahdessa vuorossa. Kokoonpanossa ei ole vuorossa tarpeeksi sähköasentajia, jotta jokaiselle solulle olisi nimittää oma sähkömiehensä. Sähkömiehet kiertävätkin laittamassa sähköjä siellä, missä koneessa valmistuksen vaihe on menossa niin pitkällä, että sähköjä voidaan ryhtyä asentamaan. Asentajia kuitenkin lasketaan olevan viisi jokaista kokoonpanopistettä kohden.

Koneiden valmistus on jaettu materiaali ja työvaiheisiin niin, että numerointi vaiheiden välillä menee 1 000 – 10 000. Näistä vaiheista loppukoontaa koskevia vaiheita ovat 2 000 – 8 000. Vaihe 1 000 on esivarustelu vaihe, joka on pilkottu komponenttien ja moduulien osalta pienempiin osiin. Vaiheet 9 000 – 10 000 ovat tarkastajien tekemä lopputarkastus, mahdolliset korjaukset, maalaus, loppuvarustelu, vientisuojaus ja pakkaaminen.

6.2 Vaiheistuksen tarkempi esittely

Koneiden loppukoonta alkaa vaiheesta 2 000, jossa ensimmäiseksi koneen rungot valmistellaan kokoonpanoon. Tulpat ja muu ylimääräinen poistetaan, ja jos tarvetta kierteet aukaistaan ja puhdistetaan. Jos koneesta tulee jäykkärunkoinen, asennetaan akselistot ja voimansiirto. Jos koneesta tulee runko-ohjautuva, yhdistetään rungot ja asennetaan kääntönivel. Tämän jälkeen asennetaan molempien päiden akselit ja voimansiirto. Viimeiseksi asennetaan voitelujärjestelmä. Tämä vaihe on esitettyinä kuviossa 5.

RUNGOT VALMISTELU 2000→

2000	RUNKOJEN VALMISTELU ENNEN KOKOONPANOA	2100
2000	AKSELIT + VOIMANSIIRTO ASENNUS (JÄYKKÄRUNKOISET)	2200
2000	RUNKOJEN YHDISTÄMINEN/KÄÄNTÖNIVELEN ASENNUS	2300
2000	MOOTTORIRÄÄN AKSELIN ASENNUS + VOIMANSIIRTO	2400
2000	KUORMARÄÄN AKSELIN ASENNUS + VOIMANSIIRTO	2500
2000	VOITELUJÄRJESTELMÄN/RASVARIN ASENNUS	2600



2000 vaiheella yhdistetään rungot/runko-ohjaukset (ajoneuvot) sekä asennetaan akselit, voimansiirto ja voitelujärjestelmä. Kirjautuminen vaiheelle 2006 tai 2007.

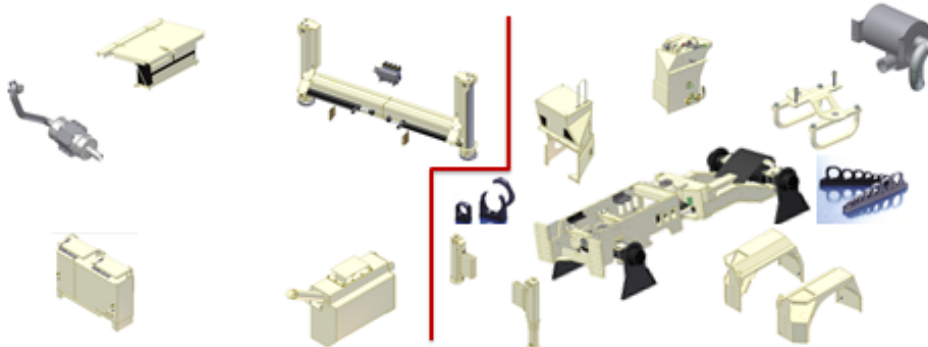
normet
FOR TRUCK JOHN

KUVIO 5. 2000 – vaihe (Normet 2013)

Seuraavana vaiheena on runkojen varustelu. Runkoihin asennetaan pakoputkistot, akkulaatikot, säiliöt, lokasuojat, tukijalat ja tasopakettit. Tässä vaiheessa varustetaan myös runkojen tarvittavat osat, kuten käsikahvat. Tämä on esitetty kuviossa 6.

RUNGOT VARUSTELU 3000→

3000	PAKOPUTKISTON ASENNUS	3100
3000	AKKULAATIKON ASENNUS/VARUSTELU	3200
3000	SÄILIÖIDEN ASENNUS/VARUSTELU	3300
3000	LOKASUOJAT/KATTEET ASENNUS/VARUSTELU	3400
3000	TUKIALAT/TASOPAKETIT ASENNUS	3500
3000	RUNKOJEN YLEINEN VARUSTELU	3600

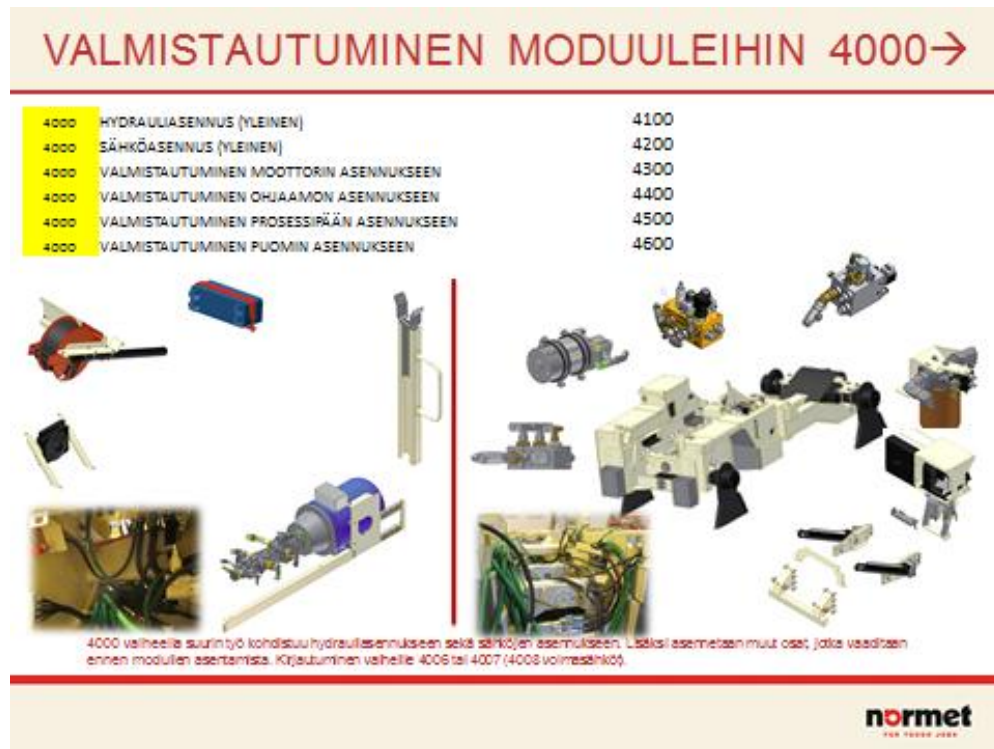


3000 vaiheessa asennetaan suuremmat osakokonaisuudet ennen moduulin asentamista. Tämä vaihe sisältää lähinnä mekaanista osien kiinnittämistä. Tuotannon suunnittelijat vaihtelevat vaiheelle 3600 materiaalit, joiden asennuspaikasta ei ole täyttä varmuutta. Loppukokoonpanon asentajilta täytyy saada tarkempi tieto vaiheiden korjaukseen. Kirjautuminen vaiheelle 3006 tai 3007.

normet
FOR TRUCK JOHN

KUVIO 6. 3000 – vaihe (Normet 2013)

Runkojen valmistelun ja asennuksen jälkeen kone ryhdytään valmistelemaan moduulien asennukseen. Tehdään yleistä hydraul- ja sähköasennusta runkoihin ja komponentteihin. Tarvittavat sähköjohdot, hydraulikomponentit ja letkut vedetään moottorille, ohjaamolle, prosessipäälle ja mahdolliselle puomille. Tämä on esitetty kuviossa 7.



KUVIO 7. 4000 – vaihe (Normet 2013)

Vaiheessa 5000 aloitetaan moduulien asennus. Ohjaamo asennetaan ja kytketään siltä osin valmiiksi, kuin tässä vaiheessa pystytään. Jäähdytin ja koneikko asennetaan, minkä jälkeen voidaan asentaa prosessipää. Tarvittavat pellit ja suojat, kuten luokki, asennetaan paikoilleen. Jos koneessa on puomi tai useita puomeja, ne asennetaan tässä vaiheessa. Viimeiseksi asennetaan mahdolliset muut laitteistot. Tämä on esitetty kuviossa 8.

MODUULIEN ASENNUS 5000→

5000	OHJAAAMON ASENNUS/KYTKENTÄ	5100
5000	JÄÄHDYTTÄJÄN ASENNUS/VARUSTELU	5200
5000	KONEIKON ASENNUS	5300
5000	PROSESSIRÄÄN ASENNUS/VARUSTELU	5400
5000	LUOKIN ASENNUS/VARUSTELU	5500
5000	PUOMIN ASENNUS	5600
5000	MUUT LAITTEET ASENNUS/VARUSTELU (YLEINEN)	5700



5000 vaiheella asennetaan esikokoonpanosta ja alihankinnasta tulevat moduulit. Tässä vaiheessa on tarkoitus tehdä vain moduulien ja muiden laitteiden mekaaninen kiinnitys (tarvittavat ohjaamon kytkennät tehdään ennen jäähdyttimen ja moottorin asennusta). Kijoutuminen vaiheille 5006 tai 5007.

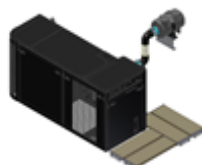
normet
FOR YOUR JOBS

KUVIO 8. 5000 – vaihe (Normet 2013)

Koneen kokoonpanon edetessä vaiheeseen 6000 aloitetaan koneikon kytkentä toimintavalmiiksi. Ohjaamo, prosessimoduuli, puomi tai puomit kytketään toimintavalmiiksi. Jos koneeseen tulee suuria kompressoireita, ne asennetaan paikoilleen ja kytketään. Tämän jälkeen koneen sähköjärjestelmä kytketään jännitteelliseksi. Koneen sähköjärjestelmä testataan yleisellä tasolla. Tämä on esitetty kuviossa 9.

MODUULIEN KYTKENTÄ 6000→

6000	KONEIKON KYTKENTÄ	6100
6000	OHJAAAMON KYTKENTÄ	6200
6000	PROSESSIMODUULIN KYTKENTÄ	6300
6000	PUOMIN KYTKENTÄ	6400
6000	SUURET KOMPRESSORIT ASENNUS/KYTKENTÄ	6500
6000	SÄHKÖJEN KYTKENTÄ/VARUSTELU/TESTAUS (YLEINEN)	6600



Moduulien mekaanisen asennuksen jälkeen, 6000 vaiheessa moduleja alitetaan kytkää järjestelmäksi. Suurin osa vaiheen työstä sisältää hydraulikan ja sähköjen asentamista. Kijoutuminen vaiheille 6006 tai 6007 (6008 voimresäkö).

normet
FOR YOUR JOBS

KUVIO 9. 6000 – vaihe (Normet 2013)

Loppukokoonpanon viimeisessä rakenteellisessa vaiheessa asennetaan viimeiset konepeitot ja sammutusjärjestelmä. Nesteet ja öljyt tankataan ja koneeseen asennetaan renkaat. Mahdolliset prosessilinjastot asennetaan ja viimeiset yleisasennustyöt suoritetaan. Tämä on esitetty kuviossa 10.



KUVIO 10. 7000 – vaihe (Normet 2013)

Viimeisessä loppukokoonpanon suorittamassa vaiheessa tehdään asennustiimikohtaiset testaukset, kuten hydrauliiikan ja pneumatiikan säätö. Sähköasentajat tekevät mahdolliset voimasähkön ja puomin säädöt. Tämän jälkeen tehdään tiimiajo, joka sisältää asennustiimin tekemän koeajon ulkona testiradalla ja koevedon, jossa koneen vetovoima testataan. Myös mahdolliset korjaukset, kuten vuodot ja sähköviat pyritään korjaamaan tässä vaiheessa. Tämä on esitetty kuviossa 11.

TESTAUS 8000→

8000	HYDRAULIIKAN JA PNEUMATIIKAN ILMAUS/SÄÄTÖ/TESTAUS	8100
8000	VOIMASÄHKÖJEN JA PUOMIN SÄÄTÖ	8200
8000	LAITTEEN KOKOAJA/KOEVETO (KORJAUKSET???)	8300



Kokoonpanotilille tulee testauslaitteet 8100-8300. Kirjautuminen vaihteelle 8008.

normet
FOR TRUCK JOBS

KUVIO 11. 8000 – vaihe (Normet 2013)

7 TUOTETARJOAMA JA SEN LINJAKELPOISUUS

7.1 Tuotekategoria

Normetin tuotekategoria sisältää neljä tuoteperhettä. Näihin kuuluvat rusnaus, panostus, betoniruisutus ja henkilönostaminen & logistiikka. Jokainen tuoteperhe sisältää perustuotteet, jotka ovat räätälöitävissä asiakkaan puolesta. Konemallit ovat esitettynä liitteessä 1.

Tuotemallistoon kuuluu myös kasettimallisto, joka sisältää erilaisia prosessikasetteja joita voidaan käyttää Multimec-koneissa. Kasettimallistoa ei oteta tässä työssä huomioon, koska sen linjavalmistus ei ole ajankohtainen.

7.2 Normetin rakennearkkitehtuurit

Normetilla on käytössä kaksi erilaista rakennearkkitehtuuria. Näistä ns. vanhassa rakennearkkitehtuurissa hyödynnetään menetelmää, jossa otetaan jo olemassa oleva rakenne joka kopioidaan ja sitä muutetaan. Asiakkaan haluamat uudet ominaisuudet suunnitellaan aikaisemmin tehtyä rakennetta muokkaamalla. Uuden koneen pohjaksi otetaan siis lähes samanlainen, aikaisemmin tehty kone, jota muokataan ja näin syntyy taas uusi kone muokattavaksi. Järjestelmään kertyy koko ajan uusia, lähes identtisiä rakenteita, joiden ylläpito on käytännössä lähes mahdotonta. Korjauksia on tehty muutamiin vanhoihin rakenteisiin, mutta seuraavan suunnitellun koneen pohjana voi toimia päivittämätön rakenne, mikä johtaa taas siihen, että virheet ja ongelmat tulevat takaisin tuotantoon. Koneyksilön kaikki sähkö- ja hydraulikkaosat löytyvät koneen päätasosta omien rakenteidensa alta, erikseen mekaanisista rakenteista. Tästä syystä niiden suunnittelu on tapahtunut erillään toisistaan, ja minkä vuoksi rajapintasuunnittelu on puutteellista. Letkujen ja johtojen reitityksiä ei ole mietitty ja kiinnikeitä tai muita tarvittavia osia puuttuu. Asiakaskohtainen suunnittelu onkin ollut pääosin ns. ”kertakäyttösuunnittelua”, jolloin rajapintojen tarkasteluun ei ole ollut edes teoriassa aikaa.

Toinen arkkitehtuuri on ns. uusi arkkitehtuuri, MaxBom. Se on massatuotannon ja tuotekohtaisen, perinteisen räätälöinnin yhdistävä menetelmä. Tässä arkkitehtuurissa asiakkaan kone räätälöidään ennalta suunnitelluista moduuleista, jotka ovat optimitapauksessa käyttökelpoisia läpi koko tuotetarjoaman. Maxbom sisältää listan asiakkaan valittavissa olevista ominaisuuksista yhdessä, tuoteperhekohtaisessa rakenteessa. Tavoitteena on, että mahdollisimman moni ominaisuuksista on käyttökelpoinen mahdollisimman monessa eri tuoteperheessä. Näin tuoteperheiden väliset moduulit ja ominaisuudet saadaan vakioitua. Ominaisuudet määritetään tuotekehityksen, tuotepäälliköiden ja myynnin kesken. Ominaisuuksiin voi kuulua esimerkiksi maa, johon kone on menossa, kantavuus, betoninkuljetus kapasiteetti, panostussäiliön kapasiteetti, panostusmenetelmä, nostolaitteen ulottuvuus, il-

mastointi ja keskusvoitelujärjestelmä. Kaikki ominaisuudet tulisi olla sellaisia, mitä asiakas tarvitsee ja haluaa prosessista, johon konetta ollaan hankkimassa.

MaxBom-rakenne muodostetaan niin, että asiakkaalla on valittavana ominaisuuksia, joista käytetään nimeä myyntimoduuli. Myyntimoduuli sisältää kaikki kyseisen ominaisuuden kooneeseen tuomat osat ja ohjeet. Myyntimoduuli voi olla sellaisenaan koneen rakenteessa tai se voidaan pilkkoa tarvittaessa pienempiin, tuotannollisiin moduuleihin. Tuotannon ja alihankkijoiden on oltava mukana moduulien suunnitteluprosessissa, jotta valmistettavuus turvataan ja luodaan perusteet tuottavalla valmistukselle. Rakenteen päärajapintoja ovat:

- ohjaamo
- eturunko
- koneikko
- takarunko
- puomi
- prosessilaite (esim. panostuspää tai saksilavanostin)

Yksittäiset ominaisuusmoduulit sijoitetaan tuoteperheittäin yhteen MaxBom-rakenteeseen, josta käsin asiakaskohtainen tuote voidaan varioida. Asiakas valitsee myyntimoduuleista haluamansa optiot ja lisävarusteet. Tietyt kokonaisuudet tulevat aina vakioina. Suunnittelija muodostaa valintojen perusteella rakenteen. Prosessin lähtökohtana on se, että variointi tehdään Normetilla vasta asiakastilauksen jälkeen. Myös yksittäisiä moduuleita voidaan ostaa tai tehdä etukäteen varastoon.

MaxBom-rakenteen edut ovat selkeä ja nopea ylläpito, koska voidaan päivittää yksittäisiä moduuleita eikä kokonaisia koneiden rakenteita. Rakenteen muodostaminen on nopeaa, koska asiakkaan valinnat voidaan poimia suoraan koneen rakenteeksi MaxBom:sta. Rajapintojen ylläpito ja suunnittelu on helpompaa, reitityksiä on mietitty ja kaikki ohjeet voidaan pitää ajan tasalla. Myös ominaisuuksien muuttaminen jälkikäteen on helppoa, koska rakenne ja rajapinta ovat kunnossa. Yksittäiset moduulit ovat myös helppo vaiheistaa ja niitä voidaan valmistaa itse tai ostaa.

Rakenteen haaste on se, että se vaatii, että kaikki toiminnot prosessissa tukevat massaräätälöintiä. Lisäksi hallintaprosessin on oltava tiukasti valvottu ja organisoitu.

7.3 ABC-tuotejakauma

Normetin tuotemallisto jakautuu ABC-tuotejakauman mukaan. Normetin tavoitteena on tulevaisuudessa pyrkiä jakaumaan x/x/x, joka tarkoittaa sitä, että kaikista myydyistä koneista x % olisi A-tuotteita, x % B-tuotteita ja x % C-tuotteita. A-tuotteella tarkoitetaan Normetin tapauksessa viimeisimmän myyntimanuaalin tuotteita. Myyntimanuaali on lista, joka on annettu myyntiosastolle ja sisältää tuotteet, jotka ovat myytävissä suoraan ilman suunnittelun

tekemiä muutoksia. Tuoterakenteet A-tuotteille voidaan muodostaa jo valmiiksi suunnitelluista rakenteista, kuten MaxBom-rakenteista. A-tuote ei kuitenkaan ole sama asia kuin MaxBom-tuote, vaan se voi sisältää tuotteita myös vanhasta tuotearkkitehtuurista.

B-tuotekategoria käsittää kaikki ne tuotteet, jotka ovat myyntimanuaalista otettuja tuotteita, joihin suunnitteluosasto on tehnyt asiakasspesifikaation perusteella muutoksia. Näin ollen tuote ei enää ole suoraan myyntimanuaalin tuote, vaan se on asiakasräätälöity. Tuotteen muutokset eivät kuitenkaan vaikuta pääkomponentteihin tai perusrakenteeseen, vaan koskevat lähinnä asiakaskohtaisia ominaisuuksia, joita koneelta halutaan.

C-tuotekategoria käsittää tuotekehityksen projektit ja prototyypit, esimerkiksi konemallin, johon ollaan suunnittelemassa uutta pääkomponenttia, kuten moottoria, puomia tai vaihteistoa. Tuotekategoriaan luetaan myös uudet konemallit, joita ollaan suunnittelemassa uusiin asiakkaan vaatimiin prosesseihin.

A-tuotteet ovat listattuna liitteessä 2 ja B-tuotteet liitteessä 3. C-tuotteita ei ole otettu huomioon niiden harvinaisuuden takia.

7.4 Tuotetarjoaman linjakelpoisuus

Normetin tuotteiden linjakelpoisuutta tarkastellaan kokoonpanotuntien, rakenteiden, volyymin ja geneerisyyden kannalta. Yleisesti ottaen kaikki myyntimanuaalin tuotteet eli A – tuotteet tulisi olla linjakelpoisia, mutta näistäkin tuotteista löytyy joitakin konemalleja mitä ei ole kannattavaa tai mahdollista tehdä linjakokoonpanossa. Linjakelpoisen tuotteen tulee olla siis kokoonpanotuntien osalta sellainen, että sen valmistus linjassa olisi kannattavaa verrattuna sen kysyntään. Myös sen rakenteen tulisi tukea tätä, mikä tarkoittaa sitä, että kaikki mallit kokoonpanolinjassa olisivat geneerisiä keskenään.

Yrityksen kanssa sovittiin ennalta, että koneiden valmistuksen kannalta kokoonpanolinjassa ajateltaisiin niin, että linjoja tulisi kaksi kappaletta. Linjat olisivat kahdella eri läpimenoajalla, jotta saataisiin erotettua kahteen linjastoon koneet, joiden läpimenoaikojen erot olisivat niin suuria, että niitä ei saataisi valmistettua tuottavasti yhdessä linjassa. Ennalta kahdelle linjalle määriteltiin rajat 0 – 400 ja 401 – 700 tuntia. 700 tuntia ylittävät koneet rakennettaisiin edelleen paikkakokoonpanossa.

Kaikista vuonna 2012 valmistuneista koneista eroteltiin myyntimanuaalin sisältämät tuotteet ja niiden valmistusmäärät. Konemallit ja niiden kappalemäärät ovat nähtävissä taulukossa 2.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Vuonna 2012 Normet valmisti x konetta, joista siis x kappaletta oli myyntimanuaalin sisältämiä tuotteita. A- tuotteiden osuus koko tuotannosta oli siis noin 69 %.

Seuraavaksi tarkasteltiin vuonna 2012 valmistuneiden myyntimanuaalin tuotteiden kokoonpanoajoja. Koneiden suunnitellut ja toteutuneet kokoonpanotunnit selvitettiin tuotannonohjauksesta. Suunniteltuja tunteja verrattiin kaikkien valmistettujen koneiden toteutuneiden kokoonpanotuntien keskiarvoon. Nämä ovat nähtävissä kuviossa taulukossa 3.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Toteutuneiden kokoonpanotuntien keskiarvo on lähes joka koneen kohdalla eriarvoinen kun suunniteltu tuntimäärä. Tähän vaikuttaa useita eri asioita, kuten ongelmat koneen kokoonpanossa. Ongelmina on voinut olla vialliset komponentit, alihankkijoiden toimitusongelmat ja niin edelleen. Myös se että koneita kokoonpannaan eri soluissa, eri tiimien tekemänä, vaikuttaa läpimenoaikoihin suuresti. Toinen tiimi voi rakentaa saman koneen paljon nopeammin ja tehokkaammin kuin joku toinen. Myös se, että koneisiin on tehty asiakkaan tai jonkun muun tahon toimesta erilaisia muutoksia, vaikuttaa kokoonpanotunteihin. Työssä ei kuitenkaan tulla ottamaan huomioon toteutuneita kokoonpanotunteja, koska työn ideana on katsoa mitkä tuotteet olisivat teoriatasolla mahdollista siirtää linjakokoonpanoon. Tällöin työssä otettiin huomioon pelkästään suunnitellut tunnit ja päätelmät tehtiin niiden perusteella.

Seuraavaksi koneet jaettiin mallikohtaisesti suunniteltujen kokoonpanotuntien perusteella. Mallikohtainen jako tarkoittaa sitä, että koneet jaettiin niin että mikä malli myyntimanuaalista meni mihinkin haarukkaan kokoonpanotuntiensa perusteella. Tämä on esitetty taulukossa 4.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Taulukosta 4 nähdään, että montako konemallia meni mihinkin ennaltamääritettyyn tuntihaarukkaan. Suurin osa konemalleista menee suunniteltujen kokoonpanotuntiensa perusteella haarukkaan 0 – 400 tuntia. Huomattavaa on myös se, että vain 3 konemallia ylittää 700 tunnin rajan, joten tämän tiedon perusteella suurin osa myyntimanuaalin tuotteista voitaisiin valmistaa linjakokoonpanossa.

Tämän jälkeen koneiden valmistusmäärät otettiin huomioon, ja ne jaettiin kolmeen tuntihaarukkaan. Tästä nähdään, miten monta konetta vuonna 2012 valmistettiin edellemainituissa tuntihaarukoissa. Tämä on nähtävissä taulukossa 5.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Taulukosta 5 on nähtävissä, että kaikista viimevuonna valmistetuista myyntimanuaalin tuotteista n. 98 % voitaisiin kokoonpanotuntien perusteella valmistaa linjassa. Näistä koneista n. 64 % menisi linjaan, jossa koneiden läpimenoajat ovat välillä 0 – 400 ja loput 36 % menisivät linjaan jossa läpimenoajat ovat välillä 401 – 700 tuntia. Koneiden keskimääräiset läpimenoajat linjaa kohden olivat x ja x tuntia.

8 TAHTIAJAT JA NIIDEN MUODOSTAMINEN

8.1 Myyntibudjetti

Normetin tuotantostrategian ajatuksena tulevaisuudessa on niin sanottu Normet 500 – ajattelumalli. Tämä tarkoittaa sitä että vuoteen 2017 mennessä Normetin kokonaisliikevaihto olisi n. x M€. Tästä liikevaihdosta x M€ olisi laiteliikevaihtoa joka noudattaa edelleen Normet 500 – ajattelumallia niin, että koneita valmistettaisiin x kpl. Koneiden valmistus jaettaisiin edelleen ABC – tuotteisiin periaatteella x/x/x, josta muodostuisi arvot x/x/x. Yrityksen myyntibudjetin täytyisi olla siis tarvittavan suuri, jotta nämä luvut voitaisiin saavuttaa.

Yrityksen myyntibudjetti tarkoittaa sitä summaa, minkä yritys asettaa tavoitteeksi myynnin osalta jokaiselle kalenterivuodelle. Se kattaa mitä myödään, paljon myödään, milloin myödään ja minne myödään. Normetin myyntibudjetti muodostuu ensin maakohtaisesti asetetusta myyntibudjetista, josta muodostuu regionaalinen myyntibudjetti ja nämä yhdessä muodostavat globaalin, koko yrityksen myyntibudjetin. Yrityksen myyntistrategia liikevaihtoineen on nähtävissä taulukossa 6.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Taulukosta 6 nähdään yrityksen ennakoitu myyntibudjetti vuoteen 2017 asti. Myyntibudjetista on laskettu Normet Product Line – liikevaihto, joka kattaa x % myyntibudjetista. Kuviossa on myös esitetty Semmco:n ja NormetScandinavian liikevaihto, mutta niitä ei oteta huomioon tässä työssä.

Normet Product Line – liikevaihto kattaa kaikki Normetin tuottamat koneet ja laitteistot. Se sisältää valmistettujen ajoneuvojen lisäksi siis myös kasettimalliston. Koska tässä työssä tarkastellaan vain valmistettuja ajoneuvoja, on kasettien osuus vähennetty liikevaihdosta. Kasettien osuus liikevaihdosta on historiatietojen ja nykytilanteen perusteella arvioiden x %.

8.2 Budjetoidut valmistusmäärät ja A -tuotteiden osuus

Koneille on myös laskettu myyntibudjettia vastaava budjetoitu valmistusmäärä eli valmistusvolymmi. Valmistusmäärä perustuu myyntibudjettiin, niin että laitteiden ennakoidulla liikevaihdolla on laskettu valmistettavat määrät kalenterivuosittain. Laskussa on käytetty koneiden keskihintaa. Keskihinta on saatu jakamalla vuoden 2012 laiteliikevaihto vuoden 2012 valmistettujen koneiden määrällä. Koneen keskihinnaksi saatiin x €. Vuosittainen kokonaisvolymmi ja A-tuotteiden osuus siitä on nähtävissä taulukossa 7.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Yritys on määrittänyt A-tuotteiden osuuden ja se noudattaa Normet 500 – ajattelumallia.

8.3 Linjavolyymit

Tuotannon vuosittainen kokonaisvolyymi on seuraavaksi jaoteltuna kahteen edellä mainittuun linjaan, jossa tunnit olivat jaettuna välille 0 – 400 ja 401 – 700. Kuten vuonna 2012 valmistetuista koneista nähtiin, että A-tuotteista 64 % meni linjaan 0 – 400 tuntia ja loput 36 % prosenttia linjaan 401 – 700 tuntia. Näitä lukuja käytettiin hyödyksi ja vuosittainen jako kahden linjan välillä toteutettiin vuoteen 2017 asti. Tämä on nähtävissä taulukossa 8.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Seuraavaksi selvitettiin tuotannon päivittäinen linjavolyymi. Vuosittainen linjavolyymi jaettiin kalenterivuoden työpäivillä, joita oli 221 päivää. Näin matriisista saatiin tieto siitä, kuinka monta konetta päivässä linjalta täytyy tulla, jotta vuosittainen myyntibudjetti saadaan toteutettua. Tämä on nähtävissä taulukossa 9.

Taulukko on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

8.4 Tahtiaika ja sen muodostuminen

Tahtiaika muodostetaan käyttämällä teoriaosuudessa esitettyä kaavaa 1

$$Tahtiaika = \frac{Käytettävissä oleva aika}{Asiakkaan kysyntä} \quad (1)$$

jossa käytettävissä oleva aika on Normetilla 40 tuntia. Se koostuu siitä, että työaika jokaista työntekijää kohden on 8 tuntia ja jokaisessa tiimissä työskentelee yhteensä 5 asentajaa työpäivän aikana. Asiakkaan kysyntä on tässä tapauksessa sama asia kuin tuotannon päivittäinen linjavolyymi. Tahtiaika saadaan siis laskettua linjakohtaisesti vuoteen 2017 asti. Molempien linjastojen tahtiajat on esitetty taulukoissa 10 ja 11.

Taulukot on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Koska tuotantomäärä kasvaa vuosi vuodelta, on myös tahtiajan lyhennyttävä jotta linjaston tuottama volyymi riittää tuottamaan myyntibudjetin vaatiman konemäärän. Myyntibudjetin vaatima tuotantovolyyymi voidaan saavuttaa tässä tapauksessa kahdella tavalla. Joko koneiden läpimenoaikaa on lyhennettävä tai työkapasiteettia on lisättävä. Työkapasiteettia lisäämällä linjaan jouduttaisiin lisäämään joko lisää työvoimaa tai enemmän työvaiheita, jotta työ saataisiin jaettua pienempiin osiin linjastossa. Työvaiheiden lisäys tarkoittaisi myös työpisteiden lisäystä linjastoon. Nykyistä vaiheistusmallia käyttämällä loppukokoonpanoa koskevia vaiheita on kuusi, jotka tulisivat olemaan myös linjastossa.

Jos koneiden läpimenoaikojen keskiarvot säilytettäisiin nykyisellä tasollaan, jouduttaisiin molempiin linjoihin lisäämään työvaiheita. Työvaiheiden määrä lasketaan käyttämällä aiemmin mainittua kaavaa 3:

$$\text{Työpisteiden lukumäärä} = \frac{\text{Valmistusaika}}{\text{Tahtiaika}}$$

jossa valmistusaika on linjakohtainen koneiden läpimenoaikojen keskiarvo. Linjojen läpimenoaikojen keskiarvot olivat siis aiemmin mainitut x h ja x h. Linjastojen työvaiheet tahtiajan perusteella laskettuna näkyvät kuvioissa 12 ja 13.

Kuviot on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Tuotantovolyymin kasvaessa vuoteen 2017 täytyisi työpisteitä lisätä molemmissa tapauksissa n. 2. Tämän tiedon perusteella kokoonpanoa linjoissa voitaisiin jatkaa ilman työpaikkojen lisäystä vuoteen 2014, jonka jälkeen tuotannon volyymin pitäisi kasvaa niin paljon, että nykyistä vaiheistusmallia jouduttaisiin muokkaamaan.

Yrityksen tavoitteena tehostaa tuotantoa lisäämättä työkapasiteettia. Tuotantoa pyritään kehittämään jatkuvasti ja läpimenoaikojen lyhentäminen on tärkeää lähes kaikissa Normetin kehitystiimin projekteissa. Myös uudet tuotearkkitehtuurit ja sitä myöten rakenteet tukevat sitä, että koneiden kokoonpaneminen olisi tehokkaampaa.

Yrityksessä on päätetty pyrkiä siihen, että nykyisen vaiheistusmallin loppukokoonpanoa koskevat kuusi työvaihetta saataisiin säilytettyä myös linjassa. Kun työvaiheiden määrä pidetään vakiona, joudutaan siis koneiden läpimenoaikaa pienentämään jotta tarvittava tuo-

tantovolyyymi on saavutettavissa. Tämä saadaan laskettua soveltamalla kaavaa 3. Tästä saadaan muodostettua kaava:

$$\text{Valmistusaika} = \text{Tahtiaika} * \text{Työpisteiden lukumäärä} \quad (4)$$

jota käyttämällä saadaan laskettua vuosittainen läpimenoaikojen keskiarvo linjaa kohden. Lasketut läpimenoajat ovat esitettyinä kuvioissa 14 ja 15.

Kuviot on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Tuotannon tehokkuuden prosentuaalinen kasvu voidaan määrittää kokoonpanotuntien keskiarvoja vertaamalla. Tuotannon tehokkuutta ajatellaan tässä tapauksessa läpimenoaikojen lyhenemisenä. Linjassa, jossa koneiden läpimenoajat ovat 0 – 400 tuntia, tulisi vuoden 2012 läpimenoaikojen keskiarvon laskea x tunnista x tuntiin. Linjassa 401 – 700 tuntia keskiarvon tulisi laskea x tunnista x tuntiin.

Tuotannon tehokkuuden tulisi siis parantua linjastoa kohden

$$1 - \left(\frac{x}{x}\right) * 100 \approx 23,7 \% \quad (5)$$

ja

$$1 - \left(\frac{x}{x}\right) * 100 \approx 15 \%. \quad (6)$$

Uuden kehitystyön ja yrityksen tavoitteiden avulla edellä mainitut arvot ovat saavutettavissa. Koko yritys panostaa siihen, että tuotantoa saataisiin tehostettua ja vuoteen 2017 asettama tavoite on täysin realistinen.

9 YHTEENVETO

Yrityksen linjakokoonpanon suunnittelu on ollut Normet organisaatiossa jo pitkään tavoitteena. Yritys onkin tehnyt ennen tätä opinnäytetyötä jo paljon muita projekteja, jotka liittyvät kaikki linjatuotannon tulevaisuuden käyttöönottoon. Sen käyttöönotto tulee asettamaan tulevaisuudessa yritykselle vielä paljon haasteita, mutta tämän työn myötä operatiivinen tarkastelu ja toteuttamiskelpoisuus pystyttiin toteamaan mahdolliseksi.

Työn toteuttaminen oli omalta osaltani suhteellisen helppoa, koska saatavilla oleva tieto oli hyvin selkeää ja sen avulla työn toteuttaminen oli helppoa. Työtä helpotti toki myös se, että olin ollut aiempaan kesänä töissä yrityksessä ja olin projektista ja sen luonteesta jo tietoinen. Suurin haaste työllä olikin tarvittavan tiedon etsiminen ja sen sisäistäminen niin, että tiedosta saataisiin aikaiseksi konkreettisia tuloksia. Työtä vaikeutti myös se, että työtä rajattiin sen laajuuden vuoksi useasti. Mutta lopulta työstä saatiin se tulos, jota haettiin.

Työn toteuttaminen onnistui ilman isompia ongelmia, ja olen tyytyväinen saatuihin tuloksiin. Tuloksena työ antaa yritykselle teoreettiset tiedot, miten volyymi ja tuotantomäärät saadaan tasattua niin, että tulevaisuuden tavoitteet ovat saavutettavissa. Työ kertoo selkeästi, mitä operatiivisella tasolla täytyy kehittää tai muokata, niin että tarvittava tuotantomäärä on edes teoreettisesti saavutettavissa.

Toivon että työstä on yritykselle sen jatkoprojekteja suunniteltaessa hyötyä ja että sen pohjalta voidaan helposti todeta, mitä kannattaa ruveta jatkokehittämään. Normetin siirtyminen linjatuotantoon vaatii vielä koko yrityksen sopeutumista niin koneiden rakenteen, layoutin ja henkilöstön osalta, että se voidaan toteuttaa. Tämä työ antaa kuitenkin pohjan sille, minkä päälle kaikki voidaan toivottavasti ruveta rakentamaan.

LÄHTEET

Department of Health and Human Services. 2012. *Lean 101: Using Measurements – Takt Time* [verkkodokumentti]. State of Maine: Department of Health and Human Services [viitattu 16.4.2013]. Saatavissa: <http://www.maine.gov/dhhs/btc/training-material/>

Guillermo, G. 2012. *Production Management* [verkkodokumentti]. [viitattu 16.4.2013]. Saatavissa: http://www.columbia.edu/~gmg2/4000/pdf/lect_06.pdf

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen, A. 2005. *Teollisuustalous*. 5. painos. Tampere: Infacs Johtamistekniikka Oy.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen, A. 2009. *Teollisuustalous*. 6. painos. Tampere: Infacs Johtamistekniikka Oy.

Lapinleimu, I. 2007. *Ideaalitehdas tehtaan suunnittelun teorian kiteytys*. 3. painos. Tampere: TTKK Tuotantotekniikan laitos.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo: WSOY.

Liker, J. 2012. *Toyotan tapaan*. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Line Balancing [verkkosivu]. Six-sigma-material. [viitattu 16.4.2013]. Saatavissa: <http://www.six-sigma-material.com/Line-Balancing.html>

Moisio, J. 2008. *Kehitä 5-s toimintaasi* [verkkodokumentti]. Qualitas Fennica Oy [viitattu 16.4.2013]. Saatavissa http://www.ims.fi/sites/default/files/article_attachments/Kehit%C3%A4_5S-toimintaasi.pdf

Normet Oy 2013. *Yritysesittely* [verkkosivu]. [viitattu 10.4.2013]. Saatavissa http://www.normet.com/normet/normet_en

Soronen, O. 1999. *Massaräätälöinti asiakasmyötäisessä tuotannossa*. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.

LIITE 1 TUOTETARJOAMA

Rusnaus:

- Scamec S2000
- Scamec M2000
- Scamec L2000

Panostus:

- Charmec MF 605 DA
- Charmec MC/LC 605 DA
- Charmec 6605 B
- Charmec 9905 BC ANT 1000
- Charmec 9910 BC ANX 1000

Betoniruiskutus:

- Minimec
- Spraymec 1050 WP(C)
- Spraymec 6050 WP
- Spraymec 7110 WP(C)
- Spraymec 9150 WP(C)
- Spraymec NorRunner 100 DVC
- Spraymec 8100 VC

Henkilönostaminen & logistiikka:

- Himec 9905 BT
- Himec 9910 B REX
- Himec 9915 BA
- Himec 9915 B
- Multimec MF 100
- Multimec 6600
- RBO
- Utilift 6330 X
- Utilift 6605 B
- Utilift MF 540
- Utimec MF 500 Transmixer
- Utimec LF 600 Agitator
- Utimec LF 500 Transmixer
- Utimec LF 600 Transmixer
- Utimec 6250 CR
- Utimec 6160 PER
- Variomec MF 050 M
- Variomec MF 060 D
- Variomec MF 090 D

LIITE 2 A-TUOTTEET

- CHARMEC 1610 B(E), center cabin
- CHARMEC 1610 B, center cabin
- CHARMEC 6405 B(E)
- CHARMEC 6605 B
- CHARMEC 9905 BC ANT 1000
- CHARMEC 9910 BC ANX 1000
- CHARMEC LC 605 D(V)
- CHARMEC LC 605 DA(V), long end
- CHARMEC LC 605 DA, short end
- CHARMEC LC 605 VE(C)
- CHARMEC MC 605 D(V)
- CHARMEC MC 605 DA(V), long end
- CHARMEC MC 605 DA, short end
- CHARMEC MF 605 D
- CHARMEC MF 605 DA
- HIMEC 9905 BT
- HIMEC 9910 B REX
- HIMEC 9915 B
- HIMEC 9915 BA
- MULTIMEC 6600
- MULTIMEC MF 100
- SCAMEC 2000 Breaker
- SCAMEC 2000 L
- SCAMEC 2000 M
- SCAMEC 2000 S
- SPRAYMEC 9150 WP
- SPRAYMEC 1050 WP (Electric)
- SPRAYMEC 1050 WPC
- SPRAYMEC 6050 WP(C)
- SPRAYMEC 7110 WP
- SPRAYMEC 7110 WPC
- SPRAYMEC 8100 VC
- SPRAYMEC 9150 WPC
- SPRAYMEC 9150 WPC EVO
- SPRAYMEC NORRUNNER 100 DVC
- UTILIFT 6330 X
- UTILIFT 6605 B
- UTILIFT MF 540
- UTIMEC 6160 Per
- UTIMEC 6180 Per
- UTIMEC 6250 CR
- UTIMEC LF 130 Material
- UTIMEC LF 500 Transmixer
- UTIMEC LF 600 Agitator
- UTIMEC LF 600 Transmixer
- UTIMEC MF 100 E
- UTIMEC MF 100 Material
- UTIMEC MF 100 Workshop
- UTIMEC MF 164 Per
- UTIMEC MF 350 Fuel
- UTIMEC MF 350 Lube
- UTIMEC MF 350 Water
- UTIMEC MF 400 Lube
- UTIMEC MF 500 Transmixer
- VARIOMECH LF 090 D
- VARIOMECH MF 050 M
- VARIOMECH MF 060 D
- VARIOMECH MF 905 B

LIITE 3 B-TUOTTEET

- RBO
- Carrier MF 100
- Charmec 1605 B (NBB3 S), Russian
- Charmec 1605 B (NBB435), NAS
- Charmec 1610 B (SB500), Apatit
- Charmec 1610 B(E), front cabin
- Charmec 9125 BT(E)
- Himec MF 604/904
- Multimec 1000
- Scamec 1000
- Utilift 2000 BAQ NIP
- Utilift LF540
- Utimec 1440 Cable
- Utimec 1500 Transmixer
- Utimec 1612 B (Drill), AUS
- Utimec 6250/6300 Transmixer
- Utimec 6350 Lube